

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

JP1794US00

4

JC971 U.S. PTO
10/036994



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年12月26日

出願番号

Application Number:

特願2000-394339

出願人

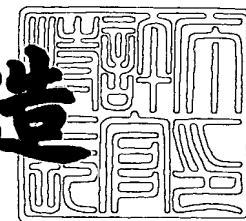
Applicant(s):

ソニー株式会社

2001年10月26日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3093923

【書類名】 特許願

【整理番号】 0001007601

【提出日】 平成12年12月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 C23F 1/02

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社
内

 【氏名】 外崎 峰広

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社
内

 【氏名】 北川 浩司

【特許出願人】

 【識別番号】 000002185

 【氏名又は名称】 ソニー株式会社

 【代表者】 出井 伸之

【代理人】

 【識別番号】 100098785

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 藤島 洋一郎

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 019482

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9708092

特2000-394339

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 エッチング方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 プラスチック基板に対してイオン注入処理を施し、前記プラスチック基板の表面を改質することにより表面改質層を形成する第 1 の工程と、前記表面改質層を利用してエッチング処理の終点を決定することにより、所定のエッチング溶液を用いたウェットエッチング処理を行う第 2 の工程とを含むことを特徴とするエッチング方法。

【請求項 2】 前記エッチング溶液として、前記第 2 の工程においてエッチングされることとなる被エッチング層を溶解させることが可能であると共に、前記表面改質層を溶解させることが不能な溶液を用いることを特徴とする請求項 1 記載のエッチング方法。

【請求項 3】 前記エッチング溶液として、少なくとも前記表面改質層に対する、前記第 2 の工程においてエッチングされることとなる被エッチング層のエッチングの選択比が高い溶液を用いることを特徴とする請求項 1 記載のエッチング方法。

【請求項 4】 前記エッチング溶液としてリモネンを含むものを用いることを特徴とする請求項 1 記載のエッチング方法。

【請求項 5】 前記第 2 の工程を超音波環境中において行うことを特徴とする請求項 1 記載のエッチング方法。

【請求項 6】 さらに、前記第 1 の工程と前記第 2 の工程との間に、前記表面改質層上に所定の薄膜を形成する第 3 の工程を含むことを特徴とする請求項 1 記載のエッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、プラスチック基板を用いて微細な構造物を形成するためのエッチング方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、プラスチックの加工は、例えば、金型を用いた成型技術や、切削、エッチング、サンドブラスト等による物理的な切削技術などを利用して行われている。これらの一連の加工技術によれば、例えば、プラスチック基板等を所望の形状となるように加工することが可能となる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の加工技術では、以下のような理由により、プラスチック基板を高精度に加工することが困難であるという問題があった。すなわち、例えば、内径が1.0mm以下の円形の開口形状を有する窪みなどの微細な構造をプラスチック基板に形成しようとする、従来の加工技術における加工精度は微細構造を形成し得るものでないため、深さ方向において窪みの内径がばらついてしまう。このような傾向は、特に、例えば、内径に対して深さが2倍以上となるような微細な窪みを形成する場合に顕著となる。

【0004】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、プラスチック基板を用いて微細な構造物を高精度に加工可能なエッチング方法を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】

本発明のエッチング方法は、プラスチック基板に対してイオン注入処理を施し、プラスチック基板の表面を改質することにより表面改質層を形成する第1の工程と、表面改質層を利用してエッチング処理の終点を決定することにより、所定のエッチング溶液を用いたウェットエッチング処理を行う第2の工程とを含むようにしたものである。

【0006】

本発明のエッチング方法では、まず、第1の工程において、プラスチック基板に対してイオン注入処理が施され、プラスチック基板の表面が改質されることにより表面改質層が形成される。続いて、第2の工程において、表面改質層により

エッチング処理の終点が決定されることにより、所定のエッチング溶液を用いたウェットエッチング処理が行われる。これにより、ウェットエッチング時におけるエッチング範囲を制御することが可能となる。

【 0 0 0 7 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【 0 0 0 8 】

〔第 1 の実施の形態〕

まず、図 1 を参照して、本発明の第 1 の実施の形態に係るエッチング方法に用いられる処理装置の構成について説明する。この処理装置は、例えば、プラスチック基板に対してイオン注入処理、成膜処理、エッチング処理等を施すことが可能であり、主に、プラスチック基板を用いて微細な構造物を形成するためのものである。

【 0 0 0 9 】

＜処理装置の構成＞

図 1 は、処理装置 1 0 の構成を表すものである。この処理装置 1 0 は、例えば、金属等により構成された真空チャンバ 1 と、この真空チャンバ 1 の壁面に配設された複数（例えば 3 つ）の処理ソース 2, 3, 4 と、排気管 1 K を介して真空チャンバ 1 と接続された真空ポンプ 5 と、処理ソース 2 ～ 4 に対応してそれぞれ配設され、一端部が真空チャンバ 1 の内部に導入された複数（例えば 3 つ）の導入端子 6（6 A, 6 B, 6 C）と、配線 S を介して導入端子 6 と接続され、導入端子 6 に対してバイアス電圧を印加するバイアス電源 7 とを備えている。各導入端子 6 A ～ 6 C の一端部は、複数（例えば 3 つ）の基板ホルダ 8（8 A, 8 B, 8 C）とそれぞれ連結されており、この基板ホルダ 8 に、処理対象となる基板 P が装着されている。基板 P は、図示しない移動アームにより、基板ホルダ 8 A ～ 8 C 間を随時移動可能になっている。なお、図 1 では、基板 P が基板ホルダ 8 A に装着されている場合を示している。

【 0 0 1 0 】

処理ソース 2 は、例えば、カウフマン型イオンソースにより構成されており、

主に、基板Pに対して所定のイオンを注入することにより基板Pの表面を改質する（後述する表面改質層21を形成する；図3参照）と共に、基板P等をエッチングするものである。この処理ソース2は、例えば、イオン注入処理時において、基板Pに対して注入されることとなるイオン（以下、「注入イオン」という）を生成可能な所定のガス（動作ガス）を用いて、注入イオンを含むプラズマを真空チャンバ1の内部に発生させ、一方、エッチング処理時において、所定のガス（エッチングガス）を用いてエッチング処理を実行可能なイオン（以下、「エッチングイオン」という）を含むプラズマを真空チャンバ1の内部に発生させる。動作ガスとしては、例えば窒素ガス、水素ガス、メタンガス等、エッチングガスとしては、例えば酸素ガス等がそれぞれ挙げられる。処理ソース2における処理内容（イオン注入処理またはエッチング処理）は、例えば、バイアス電源7により処理ソース2に印加されるバイアス電圧の大きさにより決定される。

【0011】

処理ソース3は、例えば、DC（Direct Current）スパッタソースにより構成されており、主に、基板Pを用いて各種のマイクロマシン等を形成する際に、成膜処理を用いて基板P等の表面に電極等を形成するものである。

【0012】

処理ソース3は、例えば、FCVA（Filtered Cathodic Vacuum Arc）イオンソースにより構成されており、主に、イオン注入処理が施された基板P（表面改質層21）などの表面に所定の材質よりなる薄膜を形成するものである。FCVAイオンソースとは、カソードの溶融により生じた液滴を除去するための電磁フィルターを汎用のカソーディックアークソースに付設したものである。この処理ソース3は、例えば、イオン源として高密度カーボンロッドにより構成されたカソードを有し、ストライカートリガー電極を用いて発生させたアーク放電のエネルギーを利用してカソードを蒸発させることにより、真空チャンバ1の内部に炭素イオンを発生させる。処理ソース3では、イオンを発生させるために動作ガスを要するカウフマン型イオンソース等とは異なり、動作ガスを用いずにイオンを発生させることが可能であるため、高真空状態を維持しつつイオンを発生させることが可能となる。なお、カソード材料としては、上記したカーボンの代わりに

、セラミックや、タングステン (W) , タンタル (Ta) , 珪素 (Si) , ニッケル (Ni) , クロム (Cr) , アルミニウム (Al) , チタン (Ti) , 銅 (Cu) などの金属などを用いることも可能である。

【0013】

真空ポンプ5は、例えば、ターボ分子ポンプにより構成されており、主に、真空チャンバ1の内部に満たされているガス（例えば空気等）を排気管1Kを通じて排気し、所望の真空状態となるまで真空チャンバ1の内部を減圧するものである。

【0014】

導入端子6（6A～6C）は、例えば、汎用の導入端子により構成されており、処理ソース2～4の処理条件等に応じてそれぞれ図中の矢印Y1の方向に移動可能になっている。この導入端子6には、例えば、冷媒循環用の配管6Hが組み込まれており、配管6Hを通じて冷媒Wを循環させることにより、基板ホルダ8に装着された基板Pを冷却させることが可能になっている。なお、導入端子6は、例えば金属などの導電材料により構成されており、真空チャンバ1に設けられた支持部材1Bにより支持されている。この支持部材1Bは、例えば、セラミックなどの絶縁性材料により構成されており、真空チャンバ1と導入端子6とは支持部材1Bを介して電氣的に分離されている。

【0015】

バイアス電源7は、例えば、基板ホルダ8に装着された基板Pに対して、正のパルス電圧と負のパルス電圧とを含むパルス電圧を印加するものである。このバイアス電源7により基板Pに対して負のパルス電圧が印加されたときに、真空チャンバ1の内部に発生したプラズマ中の各種イオンが基板Pに引き寄せられ、基板Pに対する各種処理（イオン注入処理、成膜処理、エッチング処理）が行われる。なお、パルス電圧のパルスピーク値（パルス波高）, パルス立ち上がり時間, パルス間隔, パルス幅等は、バイアス電源7により各導入端子6（6A～6C）ごとに独立して調整可能になっている。

【0016】

基板ホルダ8（8A～8C）は、基板Pを保持するものであり、例えば、導入

端子6と同様に、金属等の導電材料により構成されている。基板Pは、例えば、円盤状や矩形状の構造を有するものである。基板Pの材質（プラスチック材料）としては、例えば、アモルファスポリオレフィン（APO; Amorphous Polyolefin）、ポリカーボネート（PC; Polycarbonate）、ポリメチルメタクリレート（PMMA; Polymethyl Methacrylate）、ポリエチレンテレフタレート（PET; Polyethylene Terephthalate）、アクリロニトリルブタジエンスチレン共重合体（ABS; Acrylonitrile Butadiene Styrene copolymer）、ポリアセタール（POM; Polyacetal）、四フッ化エチレン（PTFE; Poly Tetra Fluoro Ethylene）、ナイロン6、ポリエチレンなどが挙げられる。

【0017】

なお、処理装置10は、上記した一連の構成要素の他、例えば、処理装置10全体を制御するためのマイクロコンピュータ、処理ソース2等に各種ガスを供給するためのガスポンプ、真空チャンバ1の外部に導出された導入端子6の他端部と接続され、導入端子6を移動させるための駆動装置などを含んで構成されている。この処理装置10では、基板Pが絶縁材料（プラスチック材料）により構成される場合の他、金属などの導電材料により構成される場合においても使用可能である。導電性を有する基板Pを用いる場合には、パルス電源7により基板Pに対して負のパルス電圧のみが印加されることとなる。

【0018】

<エッチング方法>

次に、図1～図8を参照して、本実施の形態のエッチング方法について説明する。本実施の形態のエッチング方法は、主に、イオン注入処理、ドライエッチング処理、ウェットエッチング処理をこの順に含んでいる。図2および図3はイオン注入処理、図4および図5はドライエッチング処理、図6および図7はウェットエッチング処理をそれぞれ説明するものである。また、図8は、イオン注入処理時において基板Pに印加されるパルス電圧の波形（A）および電流変化（B）をそれぞれ表すものである。なお、図2～図7では、各処理時における処理装置10の要部（基板Pの周辺部）のみを示すと共に、処理手順を判り易くするために基板Pについては断面構成を示している。

【0019】

エッチング処理を行う前には、作業等により、以下のような準備作業が行われる。すなわち、まず、例えば、APOにより構成された約0.4mm厚の基板Pが洗浄されたのち、基板ホルダ8Aに基板Pが装着される（図1参照）。続いて、真空チャンバ1の密閉状態が確認されたのち、キーボードなどの入力装置を介して一連の処理条件（処理装置2～4，真空ポンプ5，導入端子6，バイアス電源7等の動作内容等）が入力される。最後に、配管6Hに冷媒Wが循環され、基板ホルダ8Aにより保持された基板Pが冷却されると共に、真空ポンプ5が稼動され、真空チャンバ1の内部が所望の真空状態となるまで減圧される。

【0020】

《イオン注入処理》

準備作業が完了したのち、まず、図2に示したように、例えば、動作ガスとして窒素ガスを用いて、処理ソース2（カウフマン型イオンソース）により基板Pに対してイオン注入処理を施す。イオン注入処理を行う場合には、バイアス電源7により基板Pに対して、例えば、正のパルスピーク値 $V_1 = \text{約} + 10 \text{ kV}$ ，負のパルスピーク値 $V_2 = \text{約} - 20 \text{ kV}$ ，正負のパルス幅 $B = \text{約} 60 \mu\text{秒}$ ，周期 $T = \text{約} 1 \text{ m秒}$ の条件（図8（A）参照）で正のパルス電圧と負のパルス電圧とを含むパルス電圧を印加する。また、イオン注入は、処理ソース2からの窒素イオン電流が約10mAのとき、バイアス電極におけるイオン電流と2次電子とによる電流のピーク値が約0.08Aとなるような電流条件下において約180秒間行う（図8（B））。処理ソース2により真空チャンバ1の内部に窒素イオン（注入イオン）N1を含む約350eVのエネルギーを有するプラズマが発生し、この窒素イオンN1が基板Pに対して印加された負のパルス電圧（ -20 kV ）により加速され、 -20 keV のエネルギーで基板Pに引き込まれる。これにより、基板Pの露出面全体が改質され、図3に示したように、基板Pを覆うように表面改質層21が約80nmの厚みで形成される。続いて、例えば、移動アームを用いて基板Pを裏返したのち、基板Pの露出面に対して再度イオン注入処理を施し、基板Pの表面全体が表面改質層21により覆われるようにする（後述する図4参照）。

【 0 0 2 1 】

《ドライエッチング処理》

続いて、図 4 に示したように、例えば移動アームを用いて、表面改質層 2 1 のうちの処理ソース 2 に近い側（図中の上側）の表面に、例えば円形の開口形状（内径約 0. 0 3 5 m m）を有する開口部 2 2 U を備えたマスク 2 2 を載置する。このマスク 2 2 は、例えば、金属やセラミックなどにより構成されており、真空チャンバ 1 の内部に予め用意されている。

【 0 0 2 2 】

続いて、図 5 に示したように、例えば、エッチングガスとして酸素ガスを用いて、処理ソース 2 により全体にドライエッチング処理を施す。ドライエッチング処理を行う際には、例えば、エッチングガスの導入量＝約 $2. 5 \times 10^{-7} \text{ m}^3 / \text{s}$ （約 1 5 s c c m），加速電圧＝約 2 0 0 V，背景真空度（イオン放出前における真空チャンバ 1 内の真空度）＝約 $2. 3 \times 10^{-4} \text{ P a}$ ，動作真空度（イオン放出後における真空チャンバ 1 内の真空度）＝約 $5. 0 \times 10^{-2} \text{ P a}$ とする。処理ソース 2 により真空チャンバ 1 の内部に酸素イオン（エッチングイオン）N 2 を含むプラズマが発生し、約 2 0 0 e V のエネルギーを有する酸素イオン N 2 が表面改質層 2 1 に対して選択的に衝突する。このときのエッチング処理は、基板 P の表面（未改質面）が露出するまで行う。これにより、表面改質層 2 1 のうち、マスク 2 2 の開口部 2 2 U に対応する部分のみが選択的に除去され、開口部 2 1 U が形成される。なお、エッチング速度を増加させ、開口部 2 1 U の形成に要する時間を短縮したい場合には、例えば、バイアス電源 7 により基板 P に対して、パルスピーク値＝約 - 6 k V，パルス幅＝約 6 0 μ 秒，パルス周波数＝約 1 k H z の条件で負のパルス電圧を印加するようにしてもよい。続いて、基板 P 等を真空チャンバ 1 の内部から取り外したのち、マスク 2 2 を除去する。

【 0 0 2 3 】

《ウェットエッチング処理》

続いて、図 6 に示したように、例えば、表面改質層 2 1 を溶解させることが不能で、基板 P を溶解させることが可能なりモネン（ $\text{d-C}_{10}\text{H}_{16}$ ）などよりなるエッチング溶液 E を処理槽 3 0 に満たしたのち、開口部 2 1 U が下側を向くよう

に基板P等をエッチング溶液Eに浸し、基板P等に対してウェットエッチング処理を施す。ウェットエッチング処理を行う場合には、例えば、エッチング処理を円滑化すべく、処理温度を約120°C以下とすると共に、超音波発生装置を用いて超音波を発生させるようにする。超音波発生装置としては、例えば、本田製超音波発生式洗浄機W-113を用い、約28, 45, 100kHzおよび約100Wの条件により超音波を発生させる。これにより、基板Pのうち、表面改質層21の開口部21Uに対応する部分（被エッチング層）のみが約3分間ほどで選択的に溶解する。このとき、表面改質層21のうち、開口部21Uの周辺部（21X）がマスクとして機能するため、基板Pに対するエッチング処理は異方的（鉛直下向き）に進行する。そして、表面改質層21のうち、開口部21Uが形成されている側と反対側の部分（21Y）がエッチング処理の終点を決定する機能を果たすため、エッチング処理は表面改質層（21Y）の表面に達した時点で終了する。これにより、深さ方向において均一（約0.035mm）な内径を有する微細な窪みPU1が基板Pに形成される。

【0024】

なお、エッチング溶液Eとしては、上記したリモネンの他、例えば、シクロヘキサン、シクロヘキサノン、メチルエチルケトン、メチルイソブチルケトン、エチルエーテル、テトラヒドロフラン、キシレン、n-ペンタン、n-ヘキサン、n-オクタン、1,2-ジクロロエタン、メチルアクリレート、メチルメタアクリレート、ジオクチルフタレート、ジメチルホルムアミドなどの有機溶剤、濃硫酸などの強酸性溶剤、サラダ油やマーガリンなどの混合溶剤などを用いるようにしてもよい。ただし、多種のプラスチック材料に対する溶解速度や廃棄時における環境面などを考慮するならば、エッチング溶液Eとしてリモネンを使用するのが好ましい。

【0025】

続いて、基板P等をエッチング溶液Eから取り出したのち、アセトンなどの有機溶剤を用いて、ウェットエッチング時における基板P等の溶解により発生した溶解かす等を除去する。最後に、基板P等を乾燥させ、リモネンやアセトンなどの溶剤成分を揮発させることにより、微細な窪みPU1を有する基板Pが完成す

る。

【 0 0 2 6 】

以上説明したように、本実施の形態では、エッチング溶液 E に可溶な基板 P を用いて、イオン注入処理により基板 P の表面にエッチング溶液 E に不溶な表面改質層 2 1 を形成したのち、ドライエッチング処理により表面改質層 2 1 に開口部 2 1 U が形成された基板 P 等に対してエッチング溶液 E を用いてウェットエッチング処理を施すようにしている。このような場合には、ウェットエッチング処理時において、表面改質層 2 1 のうち、開口部 2 1 U の周辺部 (2 1 X) がマスクとして機能することによりエッチング処理が異方的に進行すると共に、開口部 2 1 U と反対側の部分 (2 1 Y) がエッチング処理の終点を決定する機能を果たすこととなる。このため、成型技術や切削技術を用いていた従来の場合とは異なり、深さ方向において均一な内径を有するように窪み P U 1 が形成され、プラスチックよりなる基板 P を用いた微細な構造物を高精度に形成することができる。

【 0 0 2 7 】

さらに、本実施の形態では、窪み P U 1 を有する基板 P を利用して、多種の工業分野で有用な各種のマイクロマシンを高精度に形成することもできる。

【 0 0 2 8 】

また、本実施の形態では、イオン注入処理時において、バイアス電源 7 により基板 P に対して正のパルス電圧と負のパルス電圧とを含むパルス電圧を印加するようにしたので、基板 P の材質として絶縁性を有するプラスチックなどを用いた場合においても、処理時において基板 P の内部に電荷がたまる (チャージアップ) ことがない。このため、チャージアップに起因するイオン注入処理の停滞現象を回避し、基板 P に対してイオンを円滑かつ均一に注入することができる。

【 0 0 2 9 】

また、本実施の形態では、基板 P に対してイオン注入処理を施すことにより表面改質層 2 1 を形成するようにしたので、成膜処理を用いて基板 P 上に表面改質層 2 1 (表面改質層 2 1 と同様の機能を果たす層) を形成する場合よりも、表面改質層 2 1 の形成を簡略化することができる。

【 0 0 3 0 】

また、本実施の形態における基板Pの材質としてのプラスチック材料の使用は、以下のような理由により可能となる。すなわち、本実施の形態では、イオン注入時やドライエッチング時における環境温度が比較的低い（約100°C以下）カウフマン型イオンソース（処理ソース2）やFCVAイオンソース（処理ソース4）を用いると共に、比較的低い環境温度下（約120°C）においてウェットエッチング処理を行うようにしている。このため、本実施の形態では、処理時の環境温度が比較的高い（約400°C以上）半導体プロセスなどを用いた場合とは異なり、基板Pが高温下（一般的なプラスチック材料の軟化温度以上の温度下）にさらされることがない。

【0031】

なお、本実施の形態では、エッチング溶液Eとして、表面改質層21を溶解させることが不能で、基板Pを溶解させることが可能なりモネンなどを用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、表面改質層21に対する基板Pのエッチングの選択比が高い（基板Pに対する溶解速度が表面改質層21に対する溶解速度よりも十分に大きい）ような選択的な溶解特性を有する溶液を用いるようにしてもよい。このような場合においても、基板Pおよび表面改質層21のそれぞれに対する溶解特性の差異を利用することにより、上記実施の場合と同様の効果を得ることができる。

【0032】

なお、本実施の形態では、基板Pに窪みPU1を1つ形成する場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではなく、複数の窪みPU1を形成することも可能である。このような場合には、複数の窪みPU1により構成されたメンブレン構造を有する基板Pを形成することができる。基板Pに複数の窪みPU1を形成する場合には、例えば、ドライエッチング処理時（図4，図5参照）において、複数の開口部22Uが設けられたマスク22を用いてエッチング処理を行い、表面改質層21に複数の開口部21Uを形成したのち、上記実施の形態の場合と同様にウェットエッチング処理（図6，図7参照）を行うようにする。

【0033】

また、本実施の形態では、イオン注入処理を実行するためのソースとして、カ

ウフマン型イオンソースにより構成された処理ソース2を用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、FCVAイオンソースにより構成された処理ソース4を用いるようにしてもよい。このような場合には、例えば、動作真空度=約 5×10^{-4} Pa、正のパルスピーク値 V_1 =約+10kV、負のパルスピーク値 V_2 =約-20kV、正負のパルス幅 B =約60 μ 秒、周期 T =約1kHz、パルスイオン電流=約0.7Aの条件下において約25eVのエネルギーを有するイオンを発生させるようにする。

【0034】

また、本実施の形態では、マスク22の構成材料としてセラミックを用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、PMMAなどの絶縁性の樹脂材料を用いるようにしてもよい。このような場合には、例えば、基板Pの表面に表面改質層21を形成したのち（図4参照）、まず、基板P等を真空チャンバ1の内部から取り出し、スピコート等の成膜手法を用いて表面改質層21上にPMMAを塗布することによりPMMAレジストを形成する。続いて、汎用のマスクアライナーおよびUV露光装置を用いてPMMAレジストを選択的に露光・現像することにより、図4に示した場合と同様に、開口部22Uを有するマスク22を形成する。なお、マスク22の形成以降の工程は、上記実施の形態における図5以降の工程と同様である。

【0035】

〔第2の実施の形態〕

次に、図9～図11を参照して、本発明の第2の実施の形態に係るエッチング方法について説明する。本実施の形態のエッチング方法は、主に、イオン注入処理、成膜処理、ドライエッチング処理、ウェットエッチング処理をこの順に含んでいる。図9は成膜処理、図10はドライエッチング処理、図11は本実施の形態のエッチング方法により形成される基板P等の断面構成をそれぞれ表すものである。なお、図9～図11において、上記第1の実施の形態における構成要素と同一の部分には同一の符号を付している。

【0036】

本実施の形態において、図9における表面改質層21を形成するところまでの

工程は、例えば、上記第 1 の実施の形態における図 4 に示した同工程までと同様であるので、その説明を省略する。

【0037】

《成膜処理》

本実施の形態では、表面改質層 2 1 を形成したのち、まず、図 9 に示したように、移動アームを用いて基板 P 等を基板ホルダ 8 C に移動させ、例えば、処理ソース 4 (FCVA イオンソース) により、表面改質層 2 1 を覆うように炭素薄膜 4 1 (例えば t a - C (tetrahedral amorphous Carbon) 薄膜) を約 1 0 0 n m の厚みで形成する。炭素薄膜 4 1 を形成する際には、例えば、処理ソース 4 の動作電圧を約 2 5 V とする。成膜時には、真空チャンバ 1 の内部に、イオン電流が約 0. 7 A で、約 2 5 e V のエネルギーを有する炭素イオン N 3 が発生し、処理ソース 4 に搭載された 2 台のダクトコイル光学系により炭素イオン N 3 が基板 P に対して誘導される。

【0038】

《ドライエッチング処理》

続いて、図 1 0 に示したように、例えば、移動アームを用いて基板 P 等を基板ホルダ 8 A に移動させたのち、上記第 1 の実施の形態におけるドライエッチング処理 (図 5 参照) と同様に、開口部 4 2 U を有するマスク 4 2 を炭素薄膜 4 1 上に載置する。続いて、処理ソース 2 (例えば酸素イオン N 2) を用いて全体にエッチング処理を施し、基板 P が露出するまで表面改質層 2 1 および炭素薄膜 4 1 の双方を選択的に除去することにより開口部 4 1 U を形成する。

【0039】

《ウェットエッチング処理》

続いて、マスク 4 2 を除去したのち、上記第 1 の実施の形態におけるウェットエッチング処理 (図 6) と同様にリモネン等のエッチング溶液 E に基板 P 等を浸し、基板 P を選択的に除去することにより、図 1 1 に示したように、基板 P に微細な窪み P U 2 が形成される。この窪み P U 2 は、上記第 1 の実施の形態における窪み P U 1 と同様に、深さ方向において均一な内径を有するように高精度に形成される。最後に、基板 P 等をエッチング溶液 E から取り出し、乾燥させる。

【0040】

本実施の形態では、表面改質層21上に炭素薄膜41を形成したのち、上記第1の実施の形態の場合と同様のドライエッチング処理およびウェットエッチング処理をこの順に行うようにしたので、基板Pから炭素薄膜41に至る領域に微細な窪み（開口部41U、窪みPU2）を形成することができる。これにより、窪みPU2を有する基板P等を利用して、各種のマイクロマシンを高精度に形成することもできる。もちろん、上記したマイクロマシンの形成精度に係る効果は、成膜処理において炭素薄膜41以外の各種材料（例えば金属やセラミック等）よりなる薄膜を形成する場合においても同様に得られる。

【0041】

しかも、本実施の形態では、各種薄膜との接着性に優れた表面改質層21上に炭素薄膜41を形成するようにしたので、各種薄膜との接着性に劣るプラスチック材料（基板P）上に炭素薄膜41を直接形成する場合とは異なり、基板Pと炭素薄膜41とが表面改質層21を介して強固に接着される。これにより、接着後における炭素薄膜41の割れや剥がれなどの不具合を回避することができる。もちろん、上記した基板Pと炭素薄膜41との接着に係る効果は、炭素薄膜41以外の各種薄膜を形成した場合においても同様に得られる。

【0042】

なお、本実施の形態における上記以外の処理条件（ドライエッチング処理、ウェットエッチング処理）、作用、効果、変形例等は、上記第1の実施の形態の場合と同様である。

【0043】

〔第3の実施の形態〕

次に、図12および図13を参照して、本発明の第3の実施の形態に係るエッチング方法について説明する。本実施の形態のエッチング方法は、主に、イオン注入処理およびウェットエッチング処理をこの順に含んでいる。図12はウェットエッチング処理、図13は本実施の形態のエッチング方法により形成される基板P等の断面構成をそれぞれ表すものである。なお、図12および図13において、上記第1の実施の形態における構成要素と同一の部分には同一の符号を付し

ている。

【0044】

《イオン注入処理》

本実施の形態のイオン注入処理では、基板Pの表面全体に表面改質層21を形成すべく、基板Pの両面に対して2度のイオン注入処理を施した上記第1の実施の形態の場合とは異なり、まず、基板Pの一面側に対して1度のイオン注入処理を施す。これにより、基板Pの他面には表面改質層21が形成されず、基板Pが露出することとなる（図3参照）。なお、このイオン注入処理に係る工程は、例えば、上記第1の実施の形態における図3に示した同工程までと同様であるので、その説明を省略する。

【0045】

《ウェットエッチング処理》

表面改質層21を形成したのち、図12に示したように、基板P等を真空チャンバ1の内部から取り出し、基板Pの露出面上に、開口部52Uを有するマスク52を載置する。マスク52の構造、構成材料、形成方法等は、例えば、上記第1の実施の形態におけるマスク22（図4参照）と同様とする。

【0046】

続いて、マスク52を載置したまま、上記第1の実施の形態におけるウェットエッチング処理（図6）と同様に、リモネン等のエッチング溶液Eに基板P等を浸し、基板Pを選択的に除去する。このとき、エッチング処理を異方的（鉛直下向き）に進行させる表面改質層21（21X）が基板Pとマスク22との間に形成されていた上記第1の実施の形態の場合（図7参照）とは異なり、基板Pとマスク52との間に表面改質層21（21X）が形成されていないため、基板Pに対するエッチング処理が等方的に進行し、図13に示したように、開口部52Uの径よりも大きな径を有し、エッチング面が円弧状を呈する窪みPU3が形成される。最後に、基板P等をエッチング溶液Eから取り出し、乾燥させる。

【0047】

本実施の形態では、上記第1の実施の形態において説明した表面改質層21の機能のうち、マスクとしての機能（21X；図7参照）を利用せず、エッチング

処理の終点を決定する機能のみを利用するようにしている。このため、ウェットエッチング処理におけるエッチング方向が異方的に進行した上記第 1 の実施の形態の場合とは異なり、エッチング方向を等方的に進行させ、エッチング面が円弧状を呈する窪み P U 3 を簡略かつ高精度に形成することができる。もちろん、窪み P U 3 を有する基板 P 等を利用して、各種のマイクロマシンを形成することもできる。なお、窪み P U 3 の内径や深さ等は、ウェットエッチング処理時における処理時間等を調整することにより自由に設定可能である。

【 0 0 4 8 】

さらに、本実施の形態では、基板 P の構成材料として透明性を有するプラスチック材料を用い、例えばマトリクス状に配列されるように複数の窪み P U 3 を基板 P に設けることにより、光学分野において有用なマイクロレンズアレイなどを形成することができる。

【 0 0 4 9 】

なお、本実施の形態における上記以外の処理条件（ウェットエッチング処理）、作用、効果、変形例等は、上記した各実施の形態の場合と同様である。

【 0 0 5 0 】

〔第 4 の実施の形態〕

次に、図 1 4 ～図 2 3 を参照して、本発明の第 4 の実施の形態に係るエッチング方法について説明する。本実施の形態のエッチング方法は、主に、イオン注入処理、成膜処理、ドライエッチング処理、ウェットエッチング処理をこの順に含んでいる。図 1 5 および図 1 7 は成膜処理、図 1 9 および図 2 1 はドライエッチング処理、図 2 3 は本実施の形態のエッチング方法により形成される基板 P 等の平面構成をそれぞれ表すものである。また、図 1 4、図 1 6、図 1 8、図 2 0、図 2 2 は、上記した図 1 5 ～図 2 1 に示した基板 P 等の A - A 線に沿った矢視断面をそれぞれ表すものである。なお、図 1 4 ～図 2 3 において、上記第 1 の実施の形態における構成要素と同一の部分には同一の符号を付している。

【 0 0 5 1 】

本実施の形態では、まず、上記第 1 の実施の形態の場合と同様のイオン注入処理（図 2 ～図 4 参照）を用いて、例えば矩形状の平面形状を有する基板 P の表面

全体に表面改質層 2 1 を形成する。

【 0 0 5 2 】

《成膜処理》

続いて、図 1 4 および図 1 5 に示したように、例えば、移動アームを用いて基板 P 等を基板ホルダ 8 B に移動させ、処理ソース 3 (DC スパッタソース) により、例えば表面改質層 2 1 上のほぼ中央部に、例えば銅よりなる犠牲層 6 1 を約 4 0 n m の厚みで選択的に形成する。犠牲層 6 1 を形成する際には、例えば、その平面形状が矩形状をなすようにする。この犠牲層 6 1 は、例えば、後工程において犠牲層 6 1 上に形成されることとなる炭素薄膜 6 2 (図 1 6, 図 1 7 参照) を一時的に支持するものであり、ウェットエッチング処理においてエッチング溶液 E により溶解し、除去されるものである。

【 0 0 5 3 】

続いて、図 1 6 および図 1 7 に示したように、例えば、上記第 2 の実施の形態の場合 (図 9 参照) と同様に、移動アームを用いて基板 P 等を基板ホルダ 8 C に移動させたのち、処理ソース 4 (FCVA イオンソース) により、基板 P 等を覆うように炭素薄膜 6 2 (例えば t a - C 薄膜) を約 1 0 0 n m の厚みで形成する。炭素薄膜 6 2 のうち、犠牲層 6 1 上に形成された部分の位置は、犠牲層 6 1 上以外の領域に形成された部分の位置よりも高くなる。

【 0 0 5 4 】

《ドライエッチング処理》

続いて、図 1 8 および図 1 9 に示したように、例えば、移動アームを用いて基板 P 等を基板ホルダ 8 A に移動させたのち、炭素薄膜 6 2 上に、例えば「U」型の開口形状を有する開口部 6 3 U を備えたマスク 6 3 を載置する。開口部 6 3 U の大きさは、例えば、犠牲層 6 1 の大きさに対応するようにする (図 1 9 参照)。

【 0 0 5 5 】

続いて、図 2 0 および図 2 1 に示したように、処理ソース 2 (例えば酸素イオン N 2) により、マスク 6 3 の開口部 6 3 U を通じてエッチング処理を施し、犠牲層 6 1 が露出するまで炭素薄膜 6 2 を選択的に除去することにより開口部 6 2

Uを形成する。

【0056】

《ウェットエッチング処理》

続いて、マスク63を除去したのち、例えば、表面改質層21および炭素薄膜62を溶解させることが不能で、犠牲層62を溶解させることが可能な塩化第2鉄溶液をエッチング溶液Eとして用いて、上記第1の実施の形態におけるウェットエッチング処理（図6）と同様にエッチング溶液Eに基板P等を浸す。これにより、犠牲層62（被エッチング層）のみが選択的に溶解することにより、図22および図23に示したように、一端部が基板Pにより支持され、他端部が炭素薄膜62の他の部分および基板Pの双方から離間された梁部62Rを有する微細な梁構造が形成される。このとき、表面改質層21は、基板Pが溶解することを防ぐための保護材として機能するため、ウェットエッチング処理により基板Pが溶解することがない。最後に、基板P等をエッチング溶液Eから取り出し、乾燥させる。

【0057】

本実施の形態では、ウェットエッチング処理時における基板Pの溶解を防ぐための保護材として表面改質層21を利用すると共に、ウェットエッチング処理により除去可能な犠牲層62を利用するようにしたので、基板Pの溶解を回避しつつ、微細な梁構造を高精度に形成することができる。もちろん、この梁構造を有する基板P等を利用して、各種のマイクロマシンを形成することもできる。

【0058】

なお、本実施の形態では、図22および図23に示した梁構造の他、これ以外の多様な梁構造を形成することが可能である。図24および図25は、本実施の形態において形成された梁構造に対する変形例としての梁構造を表すものであり、図22および図23にそれぞれ対応するものである。図24および図25では、梁部62Rの他端部が炭素薄膜62の他の部分と連結された構造を示している。このような梁構造は、例えば、ドライエッチング処理時に使用するマスク63における開口部63Uの形状を変更することにより形成可能となる。もちろん、本実施の形態では、梁構造に限らず、梁構造以外の多様な立体構造を形成するこ

とも可能である。

【 0 0 5 9 】

また、本実施の形態では、犠牲層 6 1 の構成材料として銅を用い、エッチング溶液 E として塩化第 2 鉄溶液を用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、エッチング溶液 E として、犠牲層 6 1 を溶解させることが可能であると共に犠牲層 6 1 以外の構成要素（表面改質層 2 1 や炭素薄膜 6 2 等）を溶解させることが不能な溶液を用いる限り、犠牲層 6 1 やエッチング溶液 E の材料は自由に変更可能である。なお、本実施の形態においても、上記第 1 の実施の形態において説明した場合と同様に、例えば、表面改質層 2 1 や炭素薄膜 6 2 に対する犠牲層 6 1 のエッチングの選択比が高いような選択的な溶解特性を有する溶液を用いることにより、溶解特性の差異を利用して上記実施の場合と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 6 0 】

なお、本実施の形態における上記以外の処理条件（ウェットエッチング処理）、作用、効果、変形例等は、上記した各実施の形態の場合と同様である。

【 0 0 6 1 】

以上、いくつかの実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記各実施の形態に限定されるものではなく、種々変形可能である。例えば、一連のエッチング工程において用いた処理装置 1 0 の構成や各処理時に用いた処理方法（イオン注入方法、成膜方法、エッチング方法）等は、必ずしも上記各実施の形態において説明したものに限られるものではなく、各構成要素（処理ソース等）の機能や各処理結果を同様に確保することが可能な限り、自由に変更可能である。この場合においても、上記実施の形態の場合と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 6 2 】

また、上記各実施の形態では、エッチング工程により形成可能な微細構造として窪み構造（PU 1，PU 2，PU 3）や梁構造（梁部 6 2 U）について説明したが、必ずしもこれに限られるものではなく、ウェットエッチング処理時におけるエッチング方向（異方性，等方性）を制御することにより、他の各種の微細構造を形成することが可能である。具体的には、例えば、図 2 6 に示したように、

エッチング工程により形成された基板 P 等を用いてマイクロチャンネルなどの放熱デバイスを形成することも可能である。図 2 6 は、エッチング工程を利用して形成可能なマイクロチャンネル 7 0 の構成例を表すものである。このマイクロチャンネル 7 0 は、例えば、上記第 1 の実施の形態において窪み P U 1 を形成した場合と同様の手法により形成された複数の溝 P U 4 を有する基板 P と、この基板 P の溝 P U 4 を覆うように図示しない接着層を介して配設されたカバープレート 7 1 とを含んで構成される。なお、カバープレート 7 1 と接着層との間には、例えば、保護層が配設される場合もある。基板 P のうち、溝 P U 4 の幅（チャンネル幅）は約 $10\ \mu\text{m}$ 、各溝 P U 4 間の部分（柱部）の幅は約 $100\ \mu\text{m}$ である。このマイクロチャンネル 7 0 の溝 P U 4 には、例えば、水、メチルアルコール、エチルアルコールなどの液体が満たされる。また、マイクロチャンネル 7 0 として、例えば、図 2 7 に示したように、上記第 3 の実施の形態において窪み P U 3 を形成した場合と同様の手法により、エッチング面が円弧状を呈する溝 P U 4 を有するものを形成することも可能である。もちろん、複数のマイクロチャンネル 7 0 を積層して利用することも可能である。

【0063】

また、上記各実施の形態では、主に、エッチング工程により形成された微細構造を有する基板 P 等をマイクロマシンに利用する場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではなく、他の各種の工業分野等において利用可能である。具体的には、例えば、上記したマイクロチャンネル 7 0 を形成した場合と同様の手法を用いて基板 P の面内方向に連続した溝構造を形成し、この溝構造を C D (Compact Disc)、H D (Hard Disc)、M D (Mini Disc) などの各種ディスク上に形成されるグループとして利用可能である。

【0064】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか 1 項に記載のエッチング方法によれば、イオン注入処理によりプラスチック基板の表面に表面改質層を形成したのち、所定のエッチング溶液を用いて、表面改質層を利用してエッチング処理の終点が決定されるようにウェットエッチング処理を行うようにしたの

で、ウェットエッチング処理時において、表面改質層によりエッチング範囲が制御される。このため、成型技術や切削技術を用いた従来の場合とは異なり、プラスチック基板を用いた微細な構造物を高精度に形成することができる。しかも、ウェットエッチング処理時におけるエッチング方向（異方性，等方性）を制御することにより、微細な構造を有するプラスチック基板を用いて各種のマイクロマシンを形成することが可能となる。

【 0 0 6 5 】

特に、請求項 4 記載のエッチング方法によれば、エッチング溶液としてリモネンを含むものを用いるようにしたので、エッチングに要する時間を短縮することができると共に、エッチング溶液の廃棄時における環境面に配慮することができる。

【 0 0 6 6 】

また、請求項 5 記載のエッチング方法によれば、さらに、表面改質層上に所定の薄膜を形成するようにしたので、所定の薄膜が形成されたプラスチック基板を用いた微細な構造物を高精度に形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態に係るエッチング方法において用いられる処理装置の構成の一例を表す図である。

【図 2】

イオン注入処理を説明するための図である。

【図 3】

図 2 に続く工程を説明するための図である。

【図 4】

ドライエッチング処理を説明するための図である。

【図 5】

図 4 に続く工程を説明するための図である。

【図 6】

ウェットエッチング処理を説明するための図である。

【図 7】

図 6 に続く工程を説明するための図である。

【図 8】

イオン注入処理時におけるパルス電圧の波形および電流変化を表す図である。

【図 9】

本発明の第 2 の実施の形態に係るエッチング方法における成膜処理を説明するための図である。

【図 1 0】

ドライエッチング処理を説明するための図である。

【図 1 1】

本発明の第 2 の実施の形態のエッチング方法により形成される基板等の断面構成を表す断面図である。

【図 1 2】

本発明の第 3 の実施の形態に係るエッチング方法におけるウェットエッチング処理を説明するための図である。

【図 1 3】

本発明の第 3 の実施の形態のエッチング方法により形成される基板等の断面構成を表す断面図である。

【図 1 4】

本発明の第 4 の実施の形態に係るエッチング方法における成膜処理を説明するための図である。

【図 1 5】

図 1 4 に示した基板等の平面構成を表す平面図である。

【図 1 6】

図 1 5 に続く工程を説明するための図である。

【図 1 7】

図 1 6 に示した基板等の平面構成を表す平面図である。

【図 1 8】

ドライエッチング処理を説明するための図である。

【図 1 9】

図 1 8 に示した基板等の平面構成を表す平面図である。

【図 2 0】

図 1 8 に続く工程を説明するための図である。

【図 2 1】

図 2 0 に示した基板等の平面構成を表す平面図である。

【図 2 2】

本発明の第 4 の実施の形態のエッチング方法により形成される基板等の断面構成を表す断面図である。

【図 2 3】

図 2 2 に示した基板等の平面構成を表す平面図である。

【図 2 4】

本発明の第 4 の実施の形態のエッチング方法により形成された梁構造に対する変形例としての梁構造を表す基板等の断面図である。

【図 2 5】

図 2 4 に示した基板等の平面構成を表す平面図である。

図 2 3 において、上記第 1 の実施の形態における構成要素と同一の部分には同一の符号を付している。

【図 2 6】

マイクロチャンネルの構成を表す図である。

【図 2 7】

他のマイクロチャンネルの構成を表す図である。

【符号の説明】

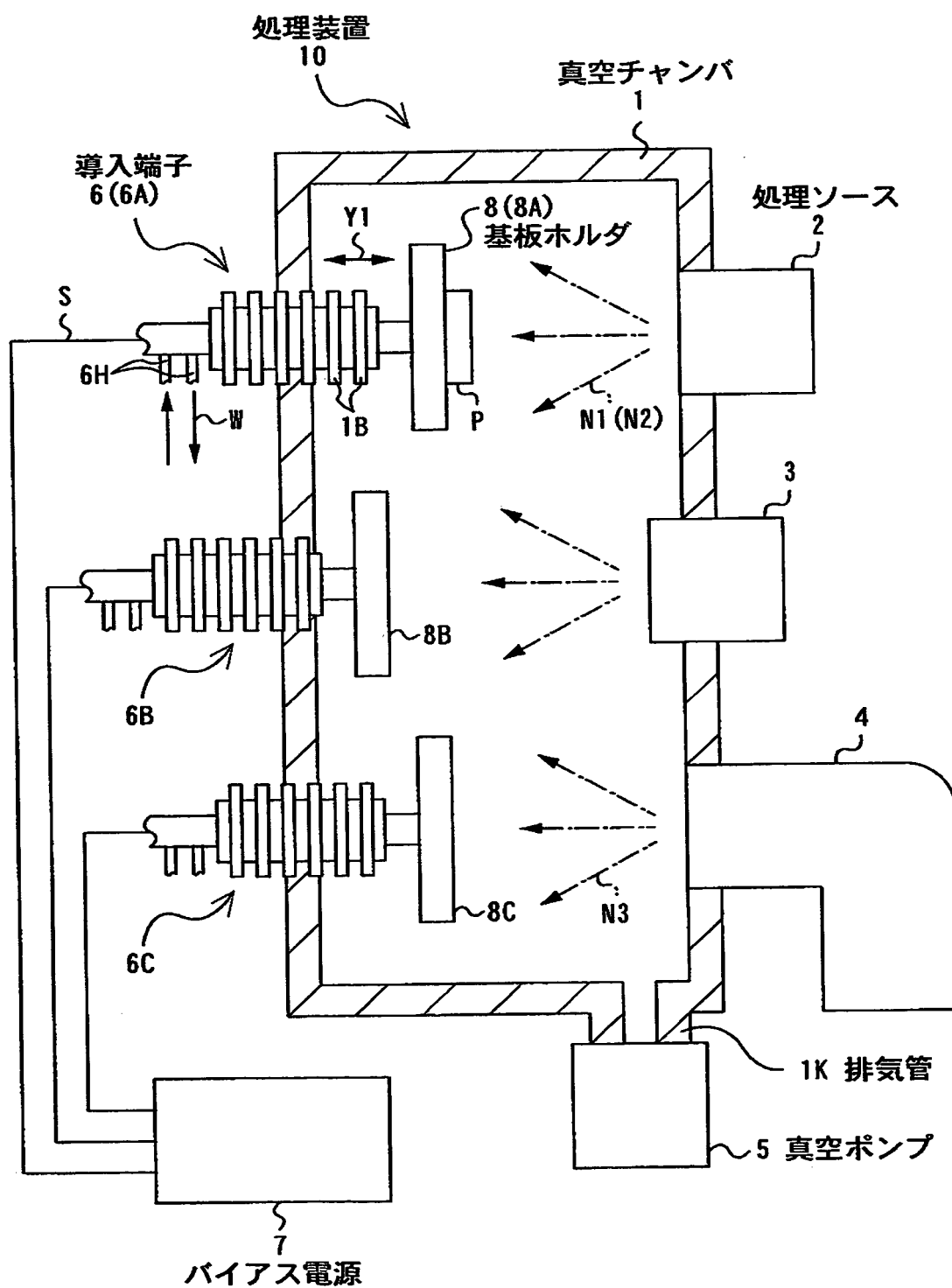
1…真空チャンバ、2, 3, 4…処理ソース、5…真空ポンプ、6 (6 A、6 B、6 C)…導入端子、7…バイアス電源、8 (8 A、8 B、8 C)…基板ホルダ、10…処理装置、12…表面改質層、22, 42, 52…マスク、21 U、22 U、41 U、42 U、52 U、62 U、63 U…開口部、41, 62…炭素薄膜、61…犠牲層、62 R…梁部、70…マイクロチャンネル、71…カバープレート、E…エッチング溶液、P…基板、PU1, PU2, PU3…窪み、P

特2000-394339

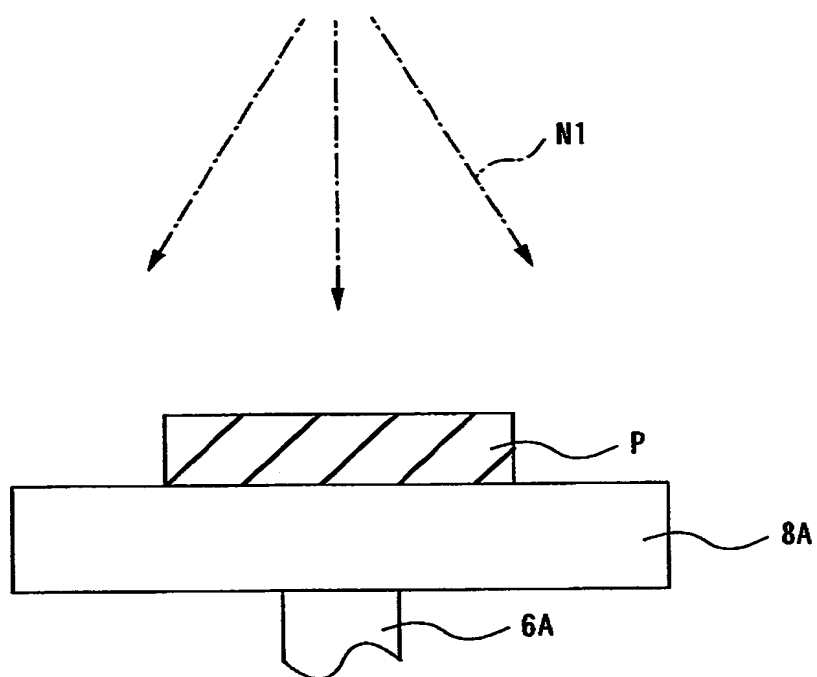
U4…溝。

【書類名】 図面

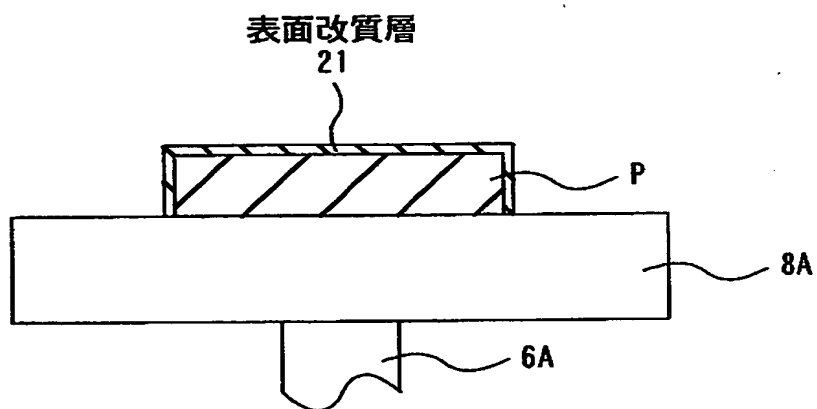
【図1】



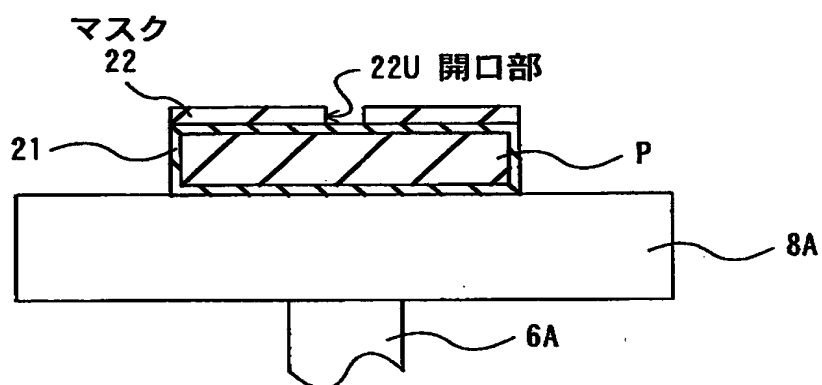
【図2】



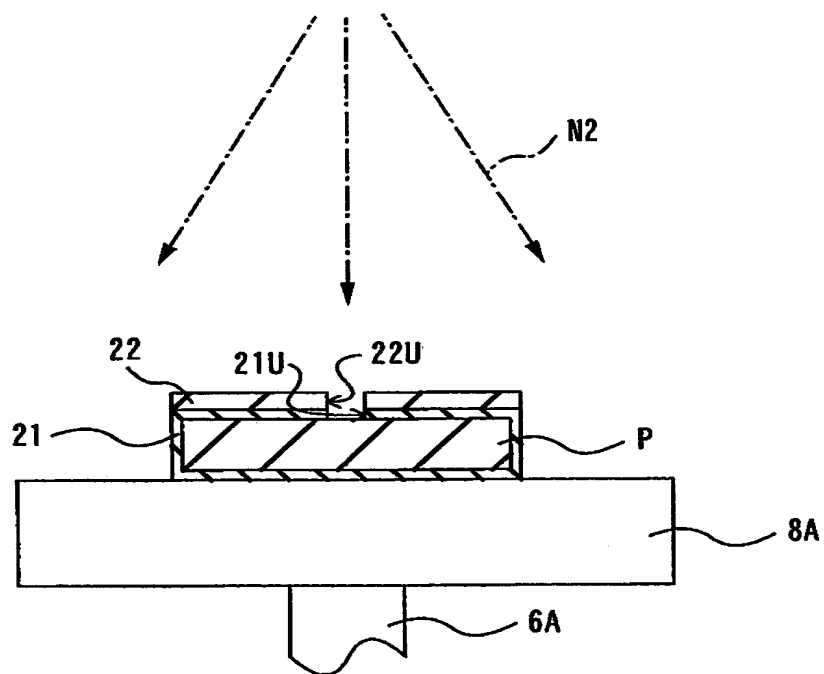
【図3】



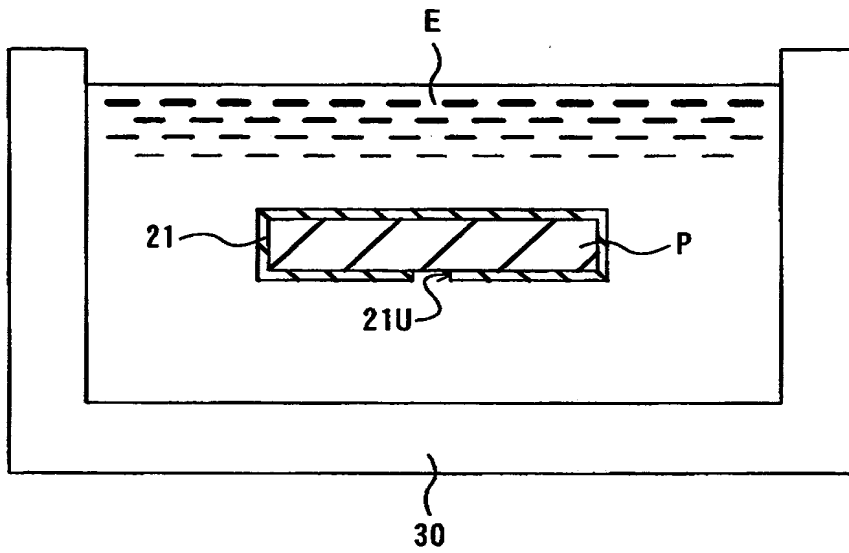
【図4】



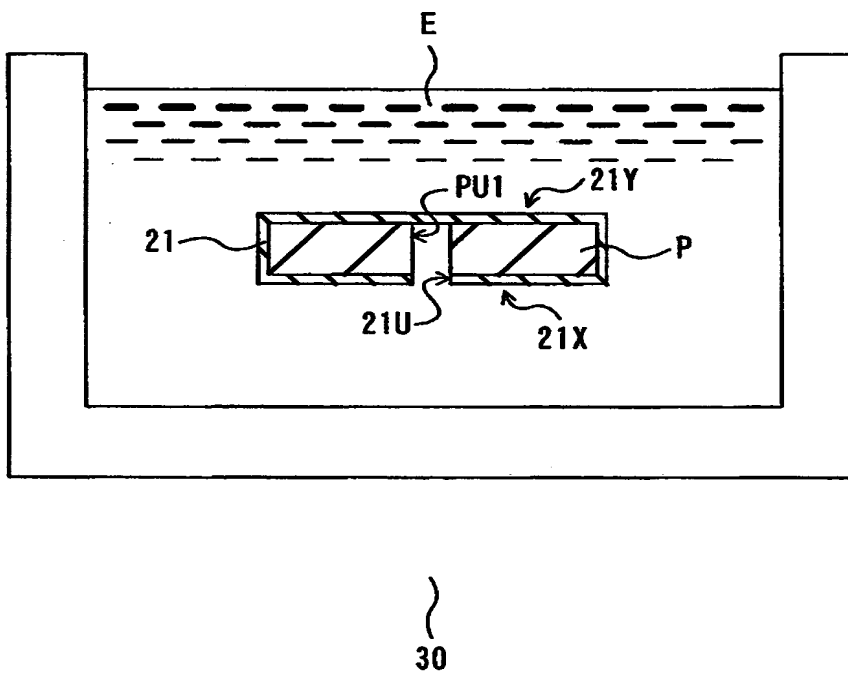
【図5】



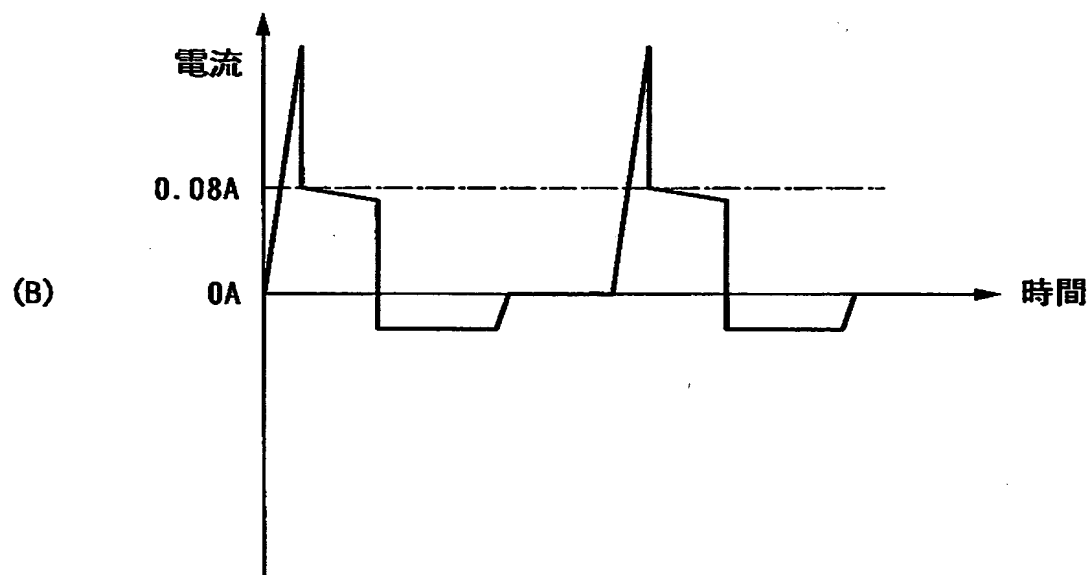
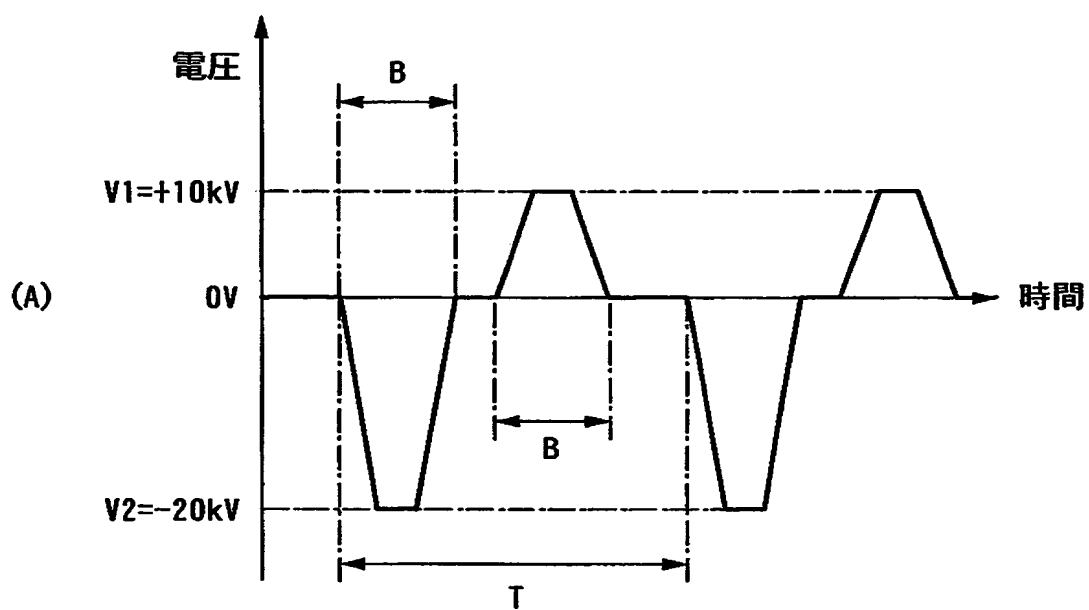
【図 6】



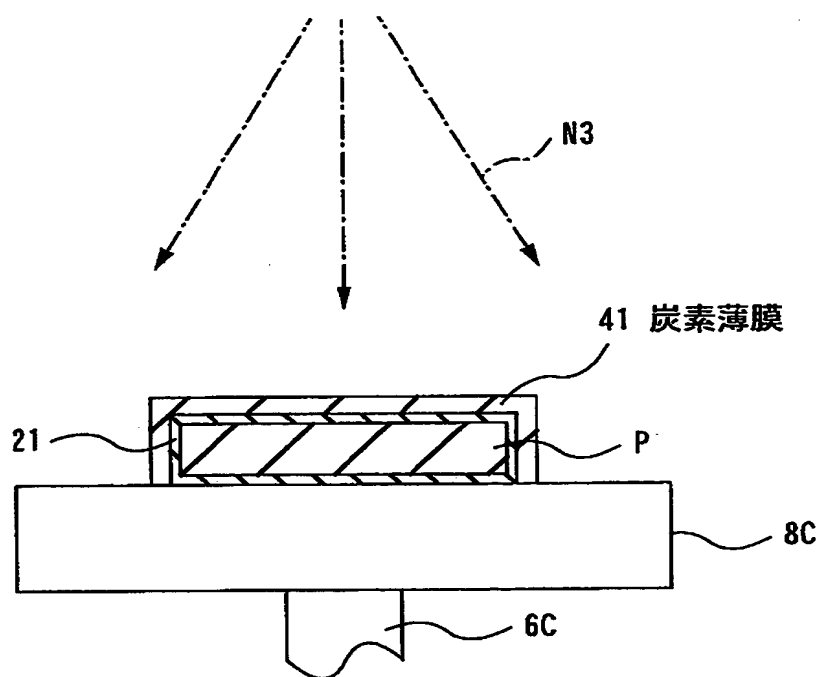
【図 7】



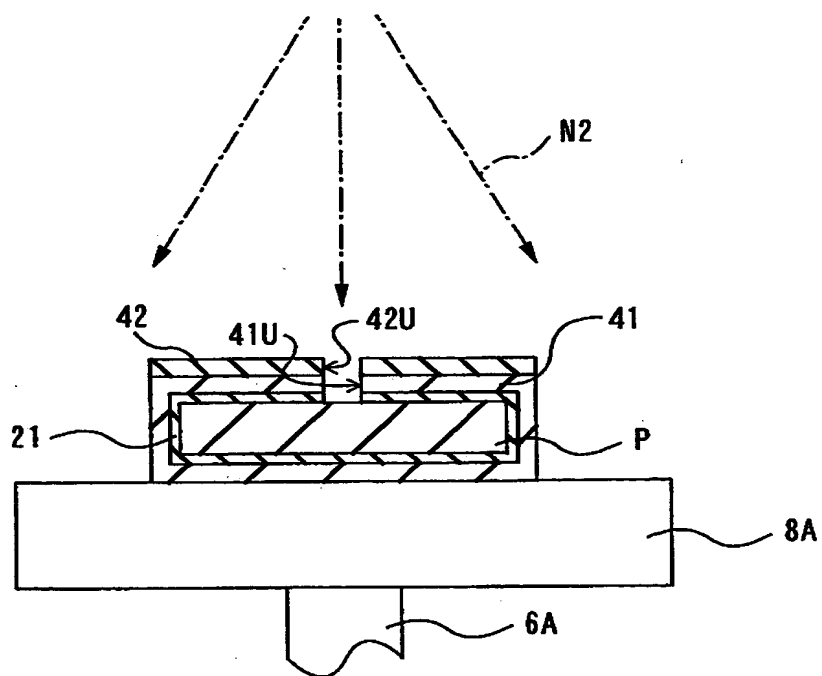
【図 8】



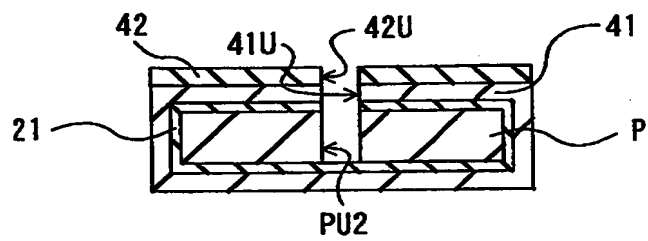
【図 9】



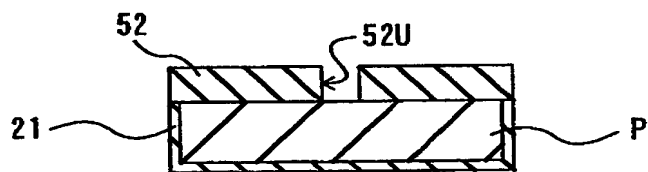
【図 10】



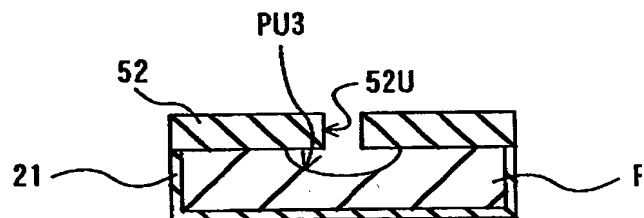
【図 1 1】



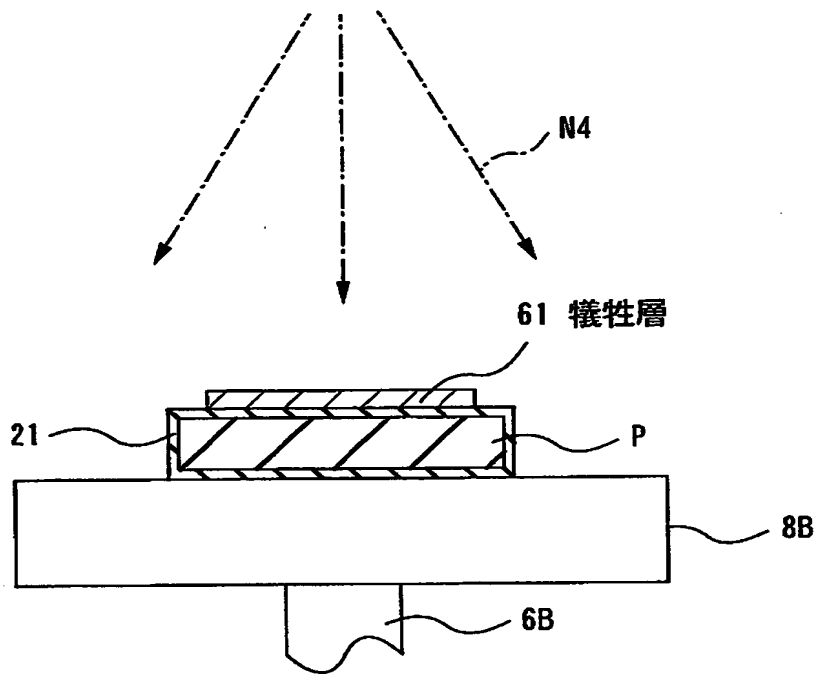
【図 1 2】



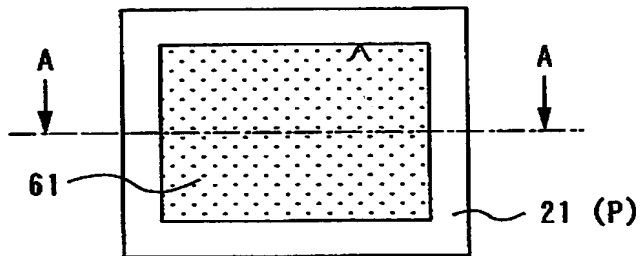
【図 1 3】



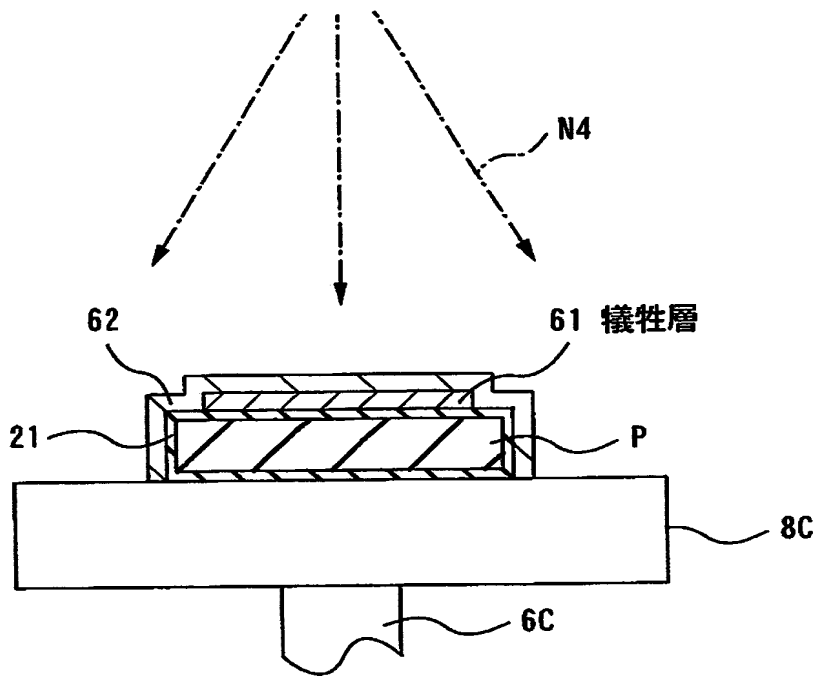
【図 1 4】



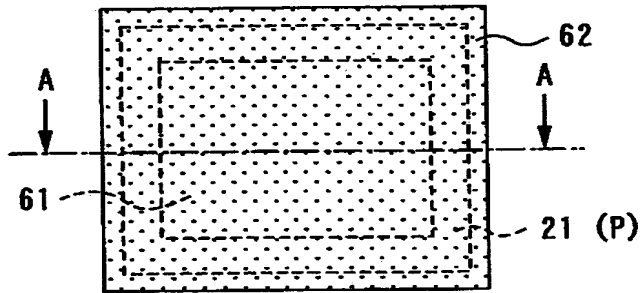
【図 1 5】



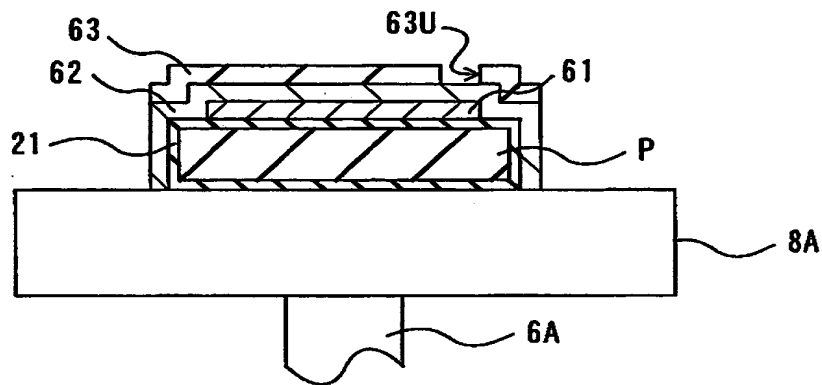
【図 1 6】



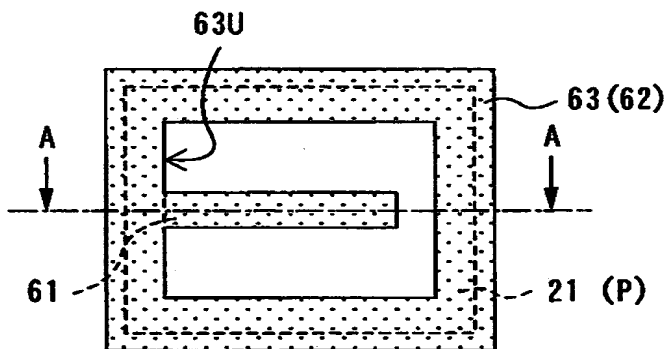
【図 1 7】



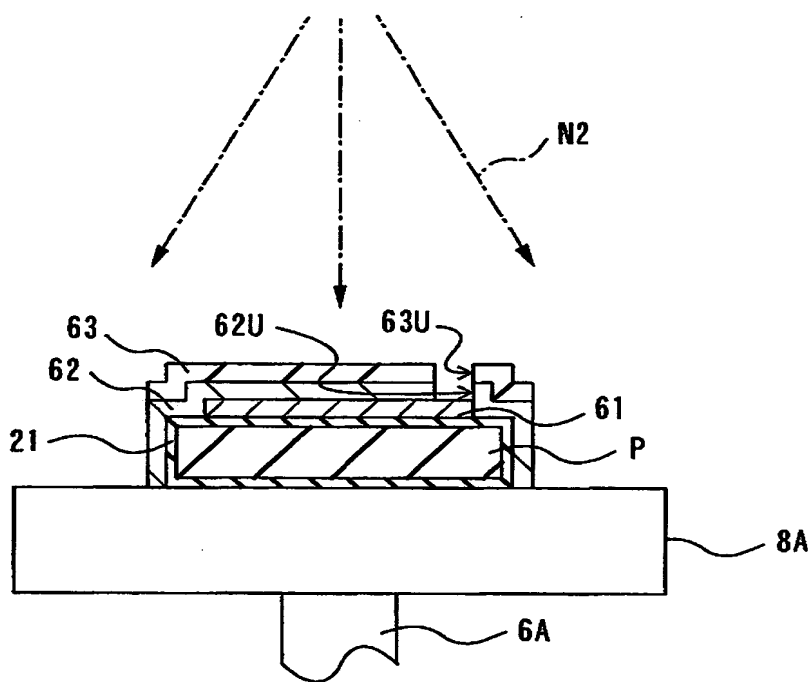
【図 1 8】



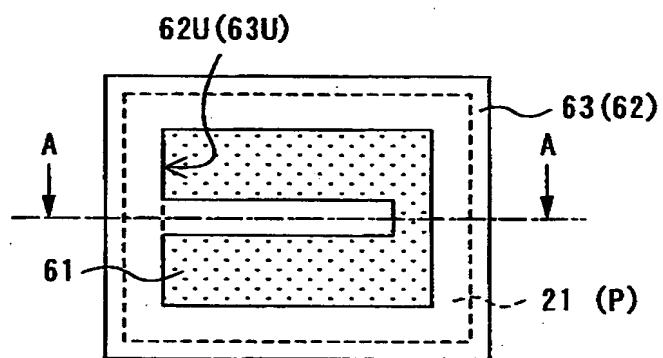
【図 1 9】



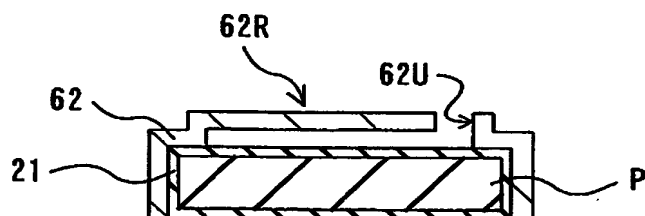
【図 20】



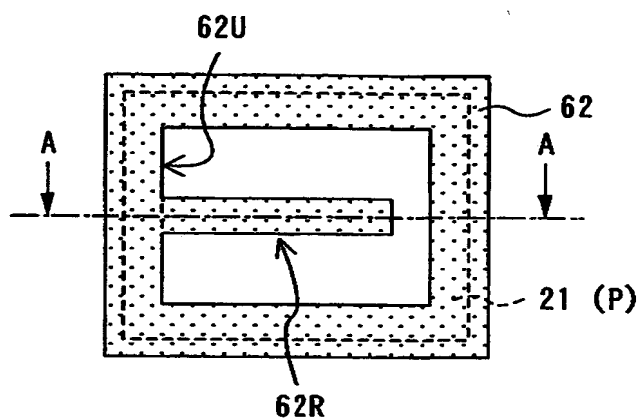
【図 21】



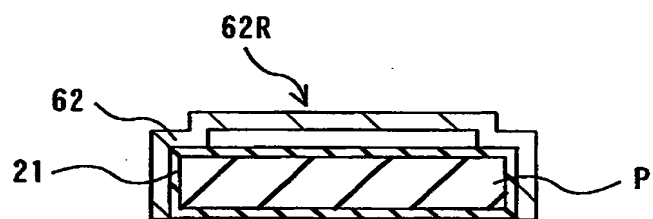
【図 22】



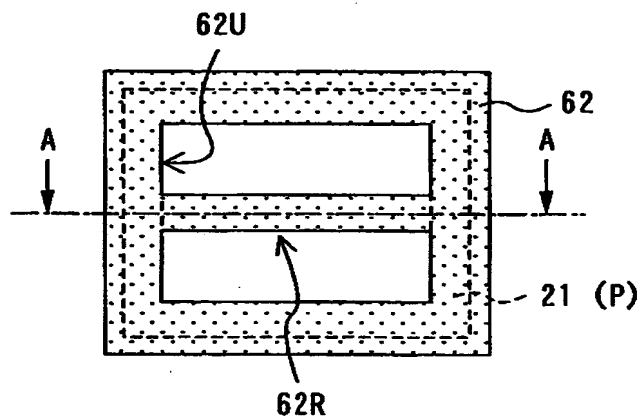
【図 2 3】



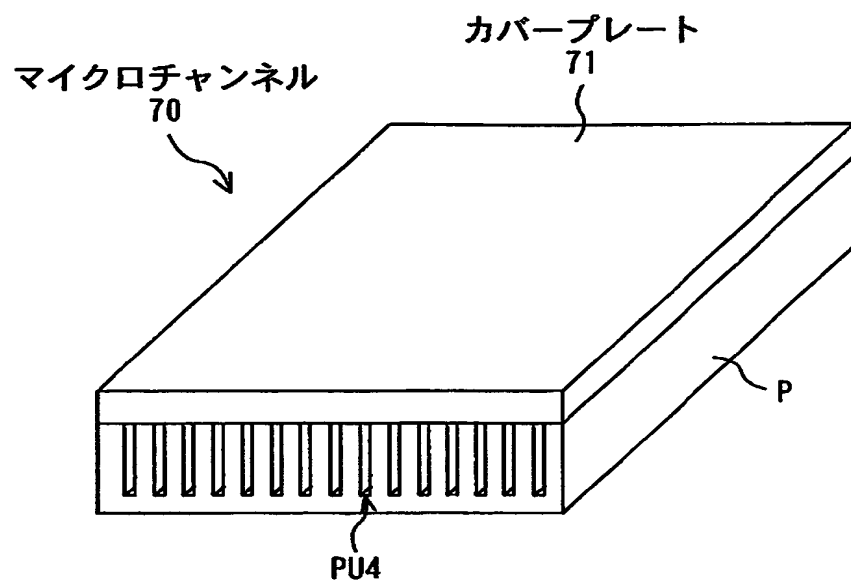
【図 2 4】



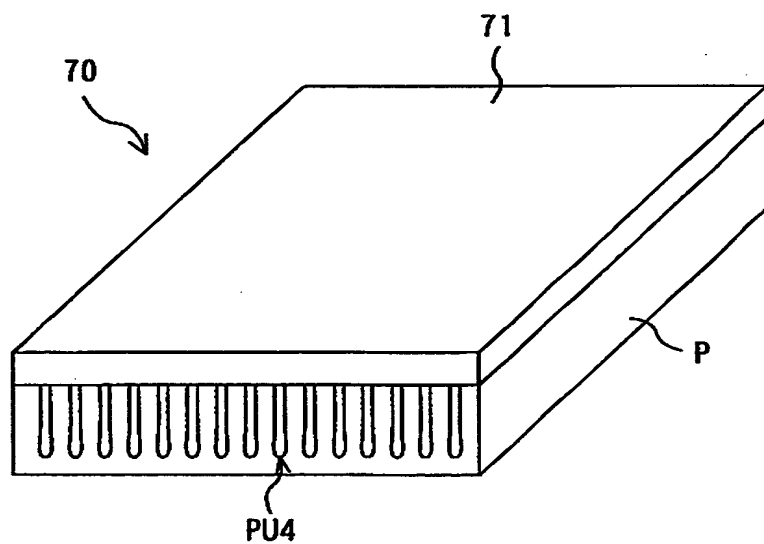
【図 2 5】



【図 26】



【図 27】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 プラスチック基板を用いて微細な構造物を高精度に加工可能なエッチング方法を提供する。

【解決手段】 イオン注入処理によりエッチング溶液 E（例えばリモネン）に不溶な表面改質層 2 1 を基板 P の表面に形成したのち、ドライエッチング処理により表面改質層 2 1 に開口部 2 1 U を形成する。続いて、基板 P 等をエッチング溶液 E に浸し、基板 P 等に対してウェットエッチング処理を施す。表面改質層 2 1 のうち、開口部 2 1 U の周辺部（2 1 X）がマスクとして機能することによりエッチング処理が異方的に進行すると共に、開口部 2 1 U と反対側の部分（2 1 Y）がエッチング処理の終点を決定する機能を果すこととなる。このため、深さ方向において均一な内径を有する窪み P U 1 を基板 P に形成することができる。

【選択図】 図 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日 1990年 8月30日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都品川区北品川6丁目7番35号
氏 名 ソニー株式会社